

КЭТИ МАК

# КОНЕЦ ВСЕГО

5 СЦЕНАРИЕВ  
ГИБЕЛИ  
ВСЕЛЕННОЙ  
С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ  
АСТРОФИЗИКИ



Большая наука

Кэти Мак

**Конец всего. 5 сценариев  
гибели Вселенной с точки  
зрения астрофизики**

«ЭКСМО»

2020

УДК 52:53  
ББК 22.63

**Мак К.**

Конец всего. 5 сценариев гибели Вселенной с точки зрения астрофизики / К. Мак — «Эксмо», 2020 — (Большая наука)

ISBN 978-5-04-117189-6

Астрофизик Кэти Мак рассматривает пять возможных сценариев конца Вселенной, опираясь на новейшие исследования в области физики и космологии. С одной стороны, признание конца Вселенной – это мрачное предположение. Но через юмор, метафоры, личные исследования автор создала восхитительную книгу, в которой большие идеи современной астрофизики объясняются через призму конца времен. В формате PDF A4 сохранен издательский макет.

УДК 52:53  
ББК 22.63

ISBN 978-5-04-117189-6

© Мак К., 2020  
© Эксмо, 2020

# Содержание

Глава 1. Знакомство с космосом	6
Конец времен	7
Взгляд вверх	9
Прогнозирование судьбы космоса	10
Предупреждение о спойлере	14
Глава 2. От большого взрыва до наших дней	16
Наблюдение Большого взрыва	20
Космическое микроволновое фоновое излучение	22
Конец ознакомительного фрагмента.	23

**Кэти Мак**  
**Конец всего: 5 сценариев гибели**  
**Вселенной с точки зрения астрофизики**

© Райтман М.А., перевод на русский язык, 2020

© Оформление. ООО «Издательство «Эксмо», 2021

\* \* \*

*Посвящается моей матери, которая была со мной с самого начала*

Автор выражает благодарность Фонду Альфреда Слоуна и программе по общественному пониманию науки за поддержку в проведении исследований и написании этой книги.

## Глава 1. Знакомство с космосом

*Кто говорит, мир от огня  
Погибнет, кто – от льда.  
А что касается меня,  
Я за огонь стою всегда.  
Но если дважды гибель ждет  
Наш мир земной, – ну что ж,  
Тогда для разрушенья лед  
Хорош,  
И тоже подойдет.*

**Роберт Фрост, 1920 год (пер. М. Зенкевича)**

Вопрос о том, чем все закончится, был предметом спекуляций и споров среди поэтов и философов на протяжении всей истории человечества. Разумеется, теперь, благодаря науке, мы знаем ответ: мир погибнет в огне. Определенно, в огне. Примерно через пять миллиардов лет Солнце перейдет в фазу красного гиганта, поглотит Меркурий и, возможно, Венеру, а Землю превратит в обугленную, безжизненную, покрытую магмой каменную глыбу. И, вероятно, даже этому бесплодному тлеющему остатку суждено в итоге угодить во внешние слои Солнца и распасться на атомы в бушующей атмосфере умирающей звезды.

Итак: огонь. Это уже ясно. Первое предположение Фроста было правильным.

Однако он мыслил недостаточно масштабно. Как космолог я изучаю Вселенную в целом. С этой точки зрения наш мир лишь пылинка, затерянная в обширном и разнообразном космосе. Меня как человека и профессионала гораздо больше волнует вопрос о конце самой Вселенной.

Мы знаем, что у нее было начало. Примерно 13,8 миллиарда лет назад Вселенная превратилась из точки невообразимой плотности в расширяющийся огненный шар, а затем в остывающий гудящий океан вещества и энергии, в котором образовались зачатки звезд и галактик, наблюдаемых сегодня. Формировались планеты, галактики сталкивались между собой, свет заполнял космос. На одной из таких планет, вращающихся вокруг обычной звезды на окраине спиральной галактики, возникла жизнь, появились компьютеры, политология и высокие двуногие млекопитающие, читающие книги по физике ради развлечения.

Но что дальше? Чем же закончится вся эта история? Смерть планеты и даже звезды, в принципе, можно пережить. Человечество способно просуществовать еще миллиарды лет, возможно, в иной форме, найдя для себя пристанище в удаленном уголке космоса и создав новую цивилизацию. Однако смерть Вселенной является абсолютным концом. Что же это означает для нас и для всего остального?

## Конец времен

Несмотря на существование некоторых классических (и очень занимательных) статей в научной литературе, впервые с термином «эсхатология» я столкнулась, читая о религии.

Эсхатология, или учение о конце мира, позволяет многим мировым религиям контекстуализировать богословские идеи и донести до людей их смысл. Несмотря на все теологические различия между христианством, иудаизмом и исламом, эти религии разделяют общее видение конца времен, предполагающее полное преобразование мира, победу добра над злом и вознаграждение угодных Богу людей<sup>1</sup>. Вероятно, обещание последнего суда как-то компенсирует тот печальный факт, что для наделения существования смыслом и облегчения жизни праведников мы не можем полагаться на наш несовершенный и несправедливый физический мир. Подобно роману, который может быть оправдан или перечеркнут заключительной главой, многие религиозные философии, похоже, нуждаются в идее «справедливого» конца мира для придания смысла его существованию.

Разумеется, не все версии эсхатологии предполагают искупление, и не все религии предсказывают конец времен. Несмотря на ажиотаж по поводу декабря 2012 года, народы майя придерживались циклического взгляда на Вселенную, свойственного индуистской традиции и не предусматривающего какого-либо определенного «конца». Циклы, о которых говорится в подобных традициях, предполагают не обычное повторение, а возможность улучшения. Согласно этому взгляду, вся несправедливость и страдания в современном мире могут привести к улучшению мира грядущего. С другой стороны, светские взгляды на конец времен варьируются от нигилистской точки зрения, согласно которой смысла нет ни в чем (и в конечном счете все обратится в ничто), до опрометчивого предположения о вечном возвращении, когда все, что однажды происходило, повторяется на протяжении вечности<sup>2</sup>. На самом деле обе эти, казалось бы, противоположные теории обычно приписываются Фридриху Ницше, который, провозгласив смерть любого Бога, способного привнести во Вселенную порядок и наделить ее существование смыслом, был вынужден иметь дело с жизнью в космосе, не предполагавшей окончательного искупления.

Разумеется, Ницше был далеко не единственным человеком, размышлявшим над смыслом существования. Каждый человек, начиная от Аристотеля, Лао-Цзы и Симоны де Бовуар и заканчивая капитаном Кирком и Баффи, истребительницей вампиров, задавался вопросом о том, что все это значит. И на момент написания данной книги мы по-прежнему очень далеки от консенсуса.

Независимо от того, каких религиозных или философских взглядов мы придерживаемся, было бы трудно отрицать, что знание судьбы нашего космоса может повлиять на то, что мы думаем о нашем существовании, и даже на наш образ жизни. Если мы хотим осмыслить свое существование, то в первую очередь нам следует задаться вопросом о том, как все это закончится. Если мы найдем на него ответ, то неминуемо возникнет вопрос, что это значит для нас сейчас. Нужно ли нам по-прежнему регулярно выбрасывать мусор, если Вселенная так или иначе обречена?

Я и сама потратила некоторое время на изучение теологических и философских текстов, и хотя в ходе этих исследований я узнала много интересных вещей, смысл существования, к сожалению, не был одной из них. Возможно, я просто отношусь к иному типу людей. На протяжении всей моей жизни меня больше всего занимали вопросы, на которые можно ответить

---

<sup>1</sup> Однако в вопросе распределения этих наград религии расходятся. (Здесь и далее – прим. автора, если не указано иное.)

<sup>2</sup> Эта точка зрения также поддерживается, хоть и не получает исчерпывающего философского осмысления, в классическом сериале начала 2000-х годов «Звездный крейсер «Галактика»».

с помощью научных наблюдений, математики и физических доказательств. Какой бы привлекательной мне ни казалась идея, что история всего мира и смысл жизни могут быть описаны в книге в форме вечной истины, я знала, что по-настоящему смогу принять лишь ту истину, которую можно доказать математически.



## Взгляд вверх

За тысячелетия, прошедшие с того момента, как человек впервые задумался о своей смертности, философская точка зрения по этому поводу не изменилась, чего нельзя сказать об инструментах, которые мы используем, чтобы ответить на такой вопрос. Сегодня вопрос о будущем и конечной судьбе всей реальности является абсолютно научным, а задача нахождения ответа на него кажется вполне реализуемой. Однако так было не всегда. Во времена Роберта Фроста среди астрономов все еще бушевали споры о том, может ли Вселенная находиться в устойчивом состоянии, не меняясь на протяжении вечности. Идея о том, что наш космический дом является стабильным, гостеприимным и безопасным местом, в котором можно спокойно состариться, казалась очень привлекательной. Однако она была опровергнута открытием Большого взрыва и расширения Вселенной. Наша Вселенная меняется, и мы еще только начинаем разрабатывать теории и способы наблюдения, которые помогут понять, как именно. Открытия последних нескольких лет и даже месяцев наконец позволяют нам получить представление о далеком будущем космоса.

Именно этим представлением я и хочу поделиться с вами. Лучшие из имеющихся у нас измерений согласуются с несколькими апокалиптическими сценариями, часть которых может быть подтверждена или исключена в результате наблюдений, проводимых прямо сейчас. Изучение этих возможностей позволяет нам получить представление о работе на передовом крае науки и увидеть человечество в новом контексте. В том, который, на мой взгляд, может доставить некоторую радость даже перед лицом полного уничтожения. Мы принадлежим к тому виду, который балансирует между осознанием своей ничтожности и способностью выйти далеко за пределы обыденной жизни, заглянуть в пустоту и разгадать фундаментальные тайны космоса.

Перефразируя Толстого, все счастливые Вселенные счастливы одинаково; каждая несчастливая Вселенная несчастлива по-своему. В этой книге я описываю, как небольшие изменения в нашем текущем, неполном понимании космоса могут привести к совершенно разным прогнозам на будущее, начиная от Вселенной, которая коллапсирует внутрь себя или разрывается на части, и заканчивая той, что медленно умирает, превратившись в непрерывно расширяющийся пузырь. Исследуя эволюцию нашего понимания Вселенной и разбираясь с тем, что это значит для нас, мы познакомимся с некоторыми важнейшими физическими концепциями и увидим, как они связаны не только с возможными вариантами космического апокалипсиса, но и с нашей повседневной жизнью.

## Прогнозирование судьбы космоса

Для некоторых из нас размышление на тему космического апокалипсиса уже является повседневным делом.

Я хорошо помню момент, когда узнала о том, что Вселенная может исчезнуть в любую секунду. Я сидела на полу в гостиной профессора Финни среди своих сокурсников во время нашего еженедельного чаепития. Расположившись в кресле и держа на коленях свою трехлетнюю дочь, профессор объяснил, что внезапное расширение пространства ранней Вселенной, или космическая инфляция, представляет собой настолько загадочное явление, что мы не понимаем, почему оно началось и почему закончилось, а также не можем утверждать, что оно никогда больше не повторится. Не было никаких гарантий, что стремительное и смертоносное расширение пространства не начнется прямо в тот момент, когда мы пили чай с печеньем в гостиной профессора.

Это меня ошеломило. Я почувствовала, что уже не уверена в твердости пола подо мной. В моей памяти навсегда запечатлелся образ маленького ребенка, беспокойно ерзающего во внезапно ставшем нестабильным космосе. Но профессор только слегка усмехнулся и переключился на обсуждение другой темы.

Теперь я уже признанный ученый и понимаю ту усмешку профессора. Размышление над такими мощными и неудержимыми, но математически описываемыми процессами может вызвать болезненный интерес. Возможное будущее нашего космоса было определено и рассчитано с учетом вероятности на основании лучших из доступных нам данных. Мы не знаем наверняка, может ли в следующую секунду начаться новая космическая инфляция, но на случай, если это все-таки произойдет, у нас есть готовые уравнения. В некотором роде эта мысль хорошо успокаивает: даже если у нас, слабых и беспомощных людей, нет шансов повлиять на конец Вселенной, мы, по крайней мере, можем приблизиться к его пониманию.

Многие физики со временем начинают равнодушно относиться к необъятности космоса и силам, которые слишком мощны для нашего понимания. Ученые могут свести все это к математике, скорректировать уравнения и вернуться к своим делам. Однако потрясение и головокружение от осознания хрупкости мироздания и моего собственного бессилия произвели на меня неизгладимое впечатление. В этой космической перспективе есть что-то одновременно пугающее и обнадеживающее. Это все равно что держать новорожденного младенца, ощущая тонкий баланс между хрупкостью жизни и еще не осознанным потенциалом. Говорят, что у человека, побывавшего в космосе, изменяется взгляд на мир. Это называется «эффектом обзора», когда, увидев Землю сверху, человек может в полной мере ощутить, насколько хрупок наш маленький оазис и насколько дружными нам следует быть как представителям, вероятно, единственного во Вселенной мыслящего вида.

Для меня подобным опытом стало размышление о неизбежной гибели Вселенной. В способности рассуждать о самом отдаленном будущем и в наличии инструментов, позволяющих делать это последовательно, заключается определенная интеллектуальная роскошь. Задавая вопрос, может ли все это продолжаться вечно, мы неявным образом подтверждаем собственное существование, проецируя его в отдаленное будущее, подводим итоги и изучаем свое наследие. Признание конечности Вселенной дает нам контекст, смысл, даже надежду и позволяет, как бы парадоксально это ни звучало, отвлечься от мелких повседневных забот и одновременно жить более полной жизнью в настоящем моменте. Возможно, это и есть тот смысл, который мы ищем.

Мы определенно приближаемся к ответу. Несмотря на политическую нестабильность мира, с точки зрения науки мы живем в золотом веке. Последние открытия в области физики, а также новые технологические и теоретические инструменты позволяют нам совершать про-

рывы, которые раньше были невозможны. Мы совершенствовали свое понимание возникновения Вселенной на протяжении десятилетий, однако вопрос о ее возможном конце начинают исследовать только сейчас. Результаты, полученные с помощью мощных телескопов и ускорителей частиц, предоставили нам удивительные (хоть и ужасающие) новые возможности и изменили наш взгляд на то, что может или не может произойти в космосе в далеком будущем. Это область, в которой наблюдается невероятный прогресс, позволяющий нам стоять на самом краю бездны и вглядываться в абсолютную тьму. Правда, лишь путем вычислений.

Космология как область физики на самом деле занимается не поиском смысла, а раскрытием фундаментальных истин. Точно измеряя структуру Вселенной, распределение материи и энергии, а также силы, управляющие ее эволюцией, мы находим подсказки, говорящие нам о глубинных законах космоса. Люди склонны ассоциировать прорывы в области физики с экспериментами в лабораториях, однако многое из того, что мы знаем о фундаментальных законах, управляющих природой, является результатом не самих экспериментов, а понимания их связи с наблюдениями за небом. Для понимания структуры атома, например, потребовалось связать результаты экспериментов в сфере радиоактивности с рисунками спектральных линий солнечного света. Согласно закону всемирного тяготения, сформулированному Ньютоном, Луна и планеты удерживаются на своих орбитах той же силой, которая заставляет блок скользить вниз по наклонной плоскости. В конечном счете это привело к появлению общей теории относительности Эйнштейна, впечатляющему пересмотру теории гравитации, обоснованность которой была подтверждена не измерениями, проведенными на Земле, а исследованием отклонения орбиты Меркурия и видимого положения звезд во время полного солнечного затмения.

Сегодня, наблюдая за небом, мы обнаруживаем, что модели физики элементарных частиц, разрабатываемые на протяжении десятилетий в ходе тщательных исследований в лучших лабораториях мира, неполны. Изучение движения и распределения других галактик – скоплений миллиардов или триллионов звезд, подобных нашему Млечному Пути, – позволило выявить основные пробелы в теориях физики элементарных частиц. Мы пока не знаем, каким будет решение этой проблемы, однако можно с уверенностью сказать, что исследование космоса сыграет свою роль в его нахождении. Объединение космологии и физики элементарных частиц уже позволило нам определить базовую структуру пространства-времени, провести инвентаризацию компонентов реальности и заглянуть в далекое прошлое, в эпоху, предшествующую возникновению звезд и галактик, чтобы проследить происхождение не просто живых существ, но самой материи.

Разумеется, этот подход работает в обе стороны. Не только современная космология способствует нашему пониманию микромира, но и теории элементарных частиц и эксперименты в этой области помогают нам постичь устройство Вселенной на макроуровне. Комбинация подходов «сверху вниз» и «снизу вверх» представляет собой самую суть физики. Несмотря на попытки поп-культуры свести науку к моментам озарения и впечатляющих концептуальных сдвигов, прорывы в понимании чаще всего происходят благодаря доведению существующих теорий до крайности и выявлению их слабых мест. Когда Ньютон скатывал шары вниз по склону холма или наблюдал за планетами в небе, он не мог предположить, что нам понадобится теория гравитации, которая также объясняла бы искривление пространства-времени вблизи Солнца или невообразимые гравитационные силы внутри черных дыр. Он никогда бы не подумал, что мы однажды заговорим об измерении влияния гравитации на отдельный нейтрон<sup>3</sup>. К счастью, Вселенная, будучи по-настоящему огромной, предоставляет нам множество сред с экстремальными условиями для проведения наблюдений. Более того, мы даже имеем

---

<sup>3</sup> Для этого мы заставляем его подпрыгивать. В самом деле. Сначала мы охлаждаем нейтроны практически до абсолютного нуля, потом замедляем, а затем заставляем их подпрыгивать, подобно шарiku для пинг-понга на ракетке. В результате мы узнаем кое-что и о таинственной темной энергии, которая заставляет нашу Вселенную расширяться все быстрее и быстрее. Да, физика – удивительная наука.

возможность изучать раннюю Вселенную, когда весь космос представлял собой среду с экстремальными условиями.

\* \* \*

Краткое примечание по поводу терминологии. Общепринятый научный термин «космология» относится к изучению Вселенной в целом и ее истории, включая ее компоненты, эволюцию и управляющие ею фундаментальные физические законы. В астрофизике космологом называют того, кто изучает по-настоящему удаленные от нас объекты, поскольку (1) это предполагает исследование довольно обширной части Вселенной и (2) в астрономии удаленные объекты также находятся в далеком прошлом, поскольку их свету порой требуются миллиарды лет, чтобы достичь Земли. Некоторые астрофизики изучают именно эволюцию или раннюю историю Вселенной, другие специализируются на исследовании удаленных объектов (галактик, их скоплений и т. д.) и их свойств. Как область физики космологию можно отнести, скорее, к теоретическому направлению. Например, некоторые космологи, работающие на физических факультетах (в отличие от сотрудников астрономических факультетов), изучают альтернативные формулировки моделей физики элементарных частиц, которые можно было бы применить к первой миллиардной доли секунды существования Вселенной. Другие изучают модификации теории гравитации Эйнштейна, относящиеся к таким гипотетическим объектам, как черные дыры, которые могут существовать лишь в более высоких измерениях пространства. Третьи моделируют целые гипотетические Вселенные, полностью отличные от нашей, – Вселенные с совершенно иным устройством космоса, числом измерений и историей, чтобы понять математическую структуру теорий, которые однажды могут оказаться нам полезными<sup>4</sup>.

В результате под термином «космология» разные люди подразумевают совершенно разные вещи. Космолог, изучающий эволюцию галактик, может совершенно растеряться в разговоре с космологом, выясняющим, как квантовая теория поля объясняет испарение черных дыр, и наоборот.

Лично мне космология нравится в любом виде. Впервые я поняла, что это стоящая наука, лет в десять благодаря книгам и лекциям Стивена Хокинга. Он говорил о черных дырах и искривлении пространства-времени, о Большом взрыве и многих других вещах, заставлявших мои мозги буквально шевелиться. Я никак не могла насытиться знаниями. Когда я узнала, что Хокинг называет себя космологом, я поняла, чем хочу заниматься. На протяжении многих лет я проводила исследования в нескольких областях физики и астрономии, изучая черные дыры, галактики, межгалактический газ, нюансы Большого взрыва, темную материю и возможность внезапного исчезновения Вселенной<sup>5</sup>. Я даже какое-то время баловалась экспериментальной физикой элементарных частиц, проводя юношеские годы в лаборатории ядерной физики, играясь с лазерами (что бы ни было написано в отчетах, тот пожар устроила не я) и плавая на надувной лодке по заполненному водой баку подземного детектора нейтрино (тот взрыв тоже произошел не по моей вине).

В настоящее время я занимаюсь в основном теорией, что, вероятно, лучше для всех. Это означает, что я не провожу наблюдений и экспериментов и не анализирую данные, хотя

---

<sup>4</sup> Теоретики струн создают множество таких теорий. (Теория струн – это общий термин для теорий, которые пытаются по-новому объединить физику гравитации и элементарных частиц, однако большая часть работы, направленной на ее развитие, в настоящее время основывается, скорее, на математических аналогах, нежели на том, что имеет отношение к «реальному» миру.) Иногда в ходе лекции по теории струн мне приходится сдерживать себя, чтобы не поднять руку и не сказать о том, что ни одно из представленных вычислений не имеет отношения к *нашей* Вселенной, на тот случай, если кто-то из присутствующих ощущал такое же замешательство, какое испытала я, начав посещать лекции, посвященные данной теме.

<sup>5</sup> Это одна из самых забавных вещей, над которыми я когда-либо работала, результатом чего и стала эта книга. Не могу точно сказать, почему мне так нравится данная тема. Не исключено, что это плохой знак.

я часто делаю прогнозы относительно результатов будущих наблюдений или экспериментов. В основном я работаю в области, называемой феноменологией: она находится на границе между разработкой новых теорий и той сферой, в которой эти теории подвергаются фактической проверке. То есть я ищу новые пути объединения гипотез, выдвигаемых теоретиками относительно структуры Вселенной, с тем, что надеются обнаружить в своих данных астрономы-наблюдатели и физики-экспериментаторы. А это значит, что я должна знать кое-что обо всем<sup>6</sup>, и это чертовски весело.

---

<sup>6</sup> А поскольку речь идет о Вселенной, выражение «обо всем» следует понимать буквально.

## Предупреждение о спойлере

Когда я писала книгу, я смогла углубиться в вопрос о том, куда мы движемся, что все это значит и что мы можем узнать о нашей Вселенной, задавая подобные вопросы. Общепринятых ответов на них пока нет, вопрос о судьбе всего сущего остается открытым, и в этой области активно проводятся исследования, выводы которых могут резко измениться из-за небольших корректировок в интерпретации полученных данных. В этой книге мы рассмотрим пять сценариев, чаще всего обсуждаемых профессиональными космологами, и изучим лучшие из современных аргументов за и против каждого из них.

Каждый сценарий представляет собой совершенно особый вид апокалипсиса, обусловленного различными физическими процессами, однако все они сходятся в одном: конец неизбежен. Изучая современную космологическую литературу, я не обнаружила ни одного серьезного предположения о том, что Вселенная может существовать вечно без каких-либо изменений. Как минимум предполагается некий переход, который в любом случае уничтожит все, и в результате по крайней мере наблюдаемая часть космоса станет непригодной для существования какой бы то ни было организованной структуры. Учитывая вышесказанное, я буду называть это концом (приношу свои извинения читающим эти строки спонтанным квантовым флуктуациям, на время обретшим сознание)<sup>7</sup>. Некоторые из этих сценариев намекают на возможность обновления космоса и даже на повторение тех или иных событий, однако вопрос о сохранении какой-либо памяти о предыдущих итерациях по-прежнему остается предметом жарких споров, равно как и вопрос о принципиальной возможности избежать космического апокалипсиса. Наиболее вероятной представляется точка зрения, согласно которой конец нашего небольшого островка жизни, называемого наблюдаемой Вселенной, будет абсолютным. И в этой книге, помимо всего прочего, я расскажу вам, как именно это может произойти.

Чтобы восполнить возможные пробелы в знаниях, мы начнем с краткого обзора истории Вселенной с момента ее зарождения вплоть до сегодня. А затем мы поговорим о ее гибели. Каждая из пяти глав будет посвящена различным сценариям конца Вселенной, тому, как это может произойти, как это будет выглядеть и как изменение наших знаний о физическом устройстве реальности ведет нас от одной гипотезы к другой. Мы начнем с обсуждения так называемого Большого сжатия, впечатляющего коллапса Вселенной, который может произойти в том случае, если процесс ее расширения повернется вспять. В последующих двух главах будут описаны апокалиптические сценарии, обусловленные темной энергией. Один из них предполагает бесконечное расширение Вселенной, в ходе которого она будет становиться все более пустой и темной. В другом Вселенная буквально разрывается на части. Затем мы поговорим о распаде вакуума – спонтанном возникновении *квантового пузыря смерти*<sup>8</sup>, пожирающего космос. Наконец мы зайдем на спекулятивную территорию циклической космологической модели: она допускает существование дополнительных пространственных измерений и уничтожение нашего космоса в результате столкновения с параллельной Вселенной... которое происходит снова и снова. В заключительной главе мы подведем итоги и познакомимся с последними новостями от нескольких экспертов, узнаем, какой из сценариев в настоящее время кажется наиболее правдоподобным и какие наблюдения, и эксперименты могли бы способствовать окончательному разрешению данного вопроса.

Какой смысл все это имеет для нас как для людей, живущих в необъятном и равнодушном пространстве, – уже совсем другой вопрос. В эпилоге будет представлен ряд точек зрения

---

<sup>7</sup> Потерпите до главы 4, в которой мы подробно поговорим о «больцмановском мозге».

<sup>8</sup> Технически он называется «пузырем истинного вакуума», что, надо признать, звучит не менее зловеще.

на возможность сохранения каких-либо следов существования сознания после нашего исчезновения<sup>9</sup>.

Мы пока не знаем, что станет причиной уничтожения Вселенной, – огонь, лед или что-то экстраординарное. Однако бесспорным остается тот факт, что это огромное, красивое и потрясающее место, которое стоит исследовать. Пока это еще возможно.

---

<sup>9</sup> Еще один спойлер: шансы невелики.

## Глава 2. От большого взрыва до наших дней

*Начала подразумевают и требуют завершений.  
Энн Леки, «Слуги правосудия»*

Мне нравятся истории о путешествиях во времени. Несмотря на то что физика машины времени вызывает споры и порождает парадоксы, есть нечто очень привлекательное в идее о том, что мы можем как-то узнать и вмешаться в прошлое и будущее, чтобы сойти с поезда, состоящего из череды моментов «сейчас», неумолимо приближающего нас к какому-то неизвестному исходу. Линейное время кажется слишком ограничивающим и даже расточительным. Почему мы должны навсегда потерять все эти возможности лишь потому, что стрелка часов отсчитала несколько секунд? Может быть, мы и привыкли к хронологическому диктату, но это не значит, что он нас устраивает.

К счастью, космология способна помочь. Разумеется, не в практическом смысле, – мы по-прежнему говорим об относительно эзотерической отрасли физики, которая никоим образом не позволит вам вернуть зонт, если вы забыли его в поезде накануне. Скорее, речь идет о том, что после знакомства с ней ваша жизнь будет прежней, но все остальное изменится для вас навсегда.

Для космолога прошлое не является каким-то недостижимым, навсегда утраченным царством. Это реальное место, наблюдаемая область космоса, в которой мы проводим большую часть своего рабочего дня. Сидя за столом, мы можем наблюдать за развитием астрономических событий, которые имели место миллионы и даже миллиарды лет назад. И это не просто особенность, присущая лишь космологии, но свойство структуры Вселенной, в которой мы живем.

Это обусловлено тем фактом, что свет распространяется не мгновенно, а с конечной скоростью, хоть и очень высокой – примерно 300 миллионов метров в секунду. В повседневной жизни это означает, что свет от фонарика преодолевает около одной трети метра за наносекунду, и столько же времени требуется отраженному свету, чтобы достичь вас. На самом деле, когда вы смотрите на какой-то объект, изображение, которое вы видите, слегка устаревает к тому моменту, когда свет, отраженный от объекта, достигает ваших глаз. Человек, сидящий в другом углу кафе, с вашей точки зрения, находится на несколько наносекунд в прошлом, что может частично объяснить его отсутствующее выражение лица и устаревший костюм. Все, что вы видите, находится в прошлом относительно вас. Когда вы смотрите на Луну, вы заглядываете в прошлое чуть больше, чем на секунду. Солнце вы видите с задержкой более чем в восемь минут. А созерцая звезды в ночном небе, вы заглядываете в глубокое прошлое, от которого вас отделяет от нескольких лет до тысячелетий.

Благодаря этой задержке, обусловленной конечной скоростью распространения света, астрономы могут смотреть в небо и наблюдать за эволюцией Вселенной от самого ее начала вплоть до сегодня. В астрономии мы используем такую единицу измерения, как «световой год», не только потому, что она представляет собой удобный способ обозначения огромного расстояния (около 9,5 триллиона километров, или 5,9 триллиона миль), но и потому, что она говорит нам, сколько времени потребовалось свету от объекта, чтобы достичь нас. Глядя на звезду, находящуюся на расстоянии 10 световых лет от нас, мы смотрим на 10 лет в прошлое. А рассматривая галактику, удаленную от нас на 10 миллиардов световых лет, мы заглядываем в прошлое на 10 миллиардов лет. Поскольку возраст нашей Вселенной составляет около 13,8 миллиарда лет, эта галактика может рассказать нам о состоянии Вселенной на ранних этапах ее развития. В этом смысле взгляд в космос равносильен взгляду в прошлое.



Здесь есть важный нюанс, о котором я не могу не упомянуть. Технически мы не можем видеть собственное прошлое. Задержка, обусловленная конечной скоростью света, означает, что чем сильнее от нас удален объект, тем в более глубоком прошлом он находится, и это работает в обе стороны: мы не только не способны увидеть собственное прошлое, но и не можем узнать, что происходит с этими далекими галактиками в настоящем. Чем сильнее от нас удален объект, тем дальше он находится на космической временной шкале.



**Рис. 1. Время прохождения света.** Иногда мы выражаем расстояние в световых секундах, световых минутах и световых годах, поскольку это позволяет нам понять, сколько времени потребовалось свету, чтобы достичь нас, и, следовательно, насколько далеко в прошлое мы заглядываем (на представленных иллюстрациях масштаб не соблюден)

Так как же мы можем узнать что-то о собственном прошлом, глядя на прошлое далекой галактики? Все сводится к основному положению космологии, которое называется «космологическим принципом». В соответствии с этим положением для всех наблюдателей, где бы они ни находились, Вселенная выглядит примерно одинаково. Очевидно, в человеческих масштабах это не так, – поверхность Земли существенно отличается от глубокого космоса или центра Солнца, однако когда речь идет о космических масштабах, в которых целые галактики представляются отдельными незначительными пятнышками, Вселенная выглядит одинаково во всех направлениях и состоит из одних и тех же компонентов<sup>10</sup>.

Эта идея тесно связана с принципом Коперника, еретическим мнением, высказанным в XVI веке. Николай Коперник считал, что мы не занимаем какого-то «особенного положения» в космосе, а находимся в совершенно обычном месте, которое могло быть выбрано абсолютно произвольно. Поэтому, когда мы смотрим на галактику, удаленную от нас на миллиард световых лет, и видим ее такой, какой она была миллиард лет назад во Вселенной на миллиард лет моложе той, в которой мы находимся, мы можем с уверенностью полагать, что в то время *здесь* имелись примерно такие же условия. На самом деле это предположение можно проверить с помощью наблюдений. Исследование распределения галактик по всему космическому про-

<sup>10</sup> Научная фантастика предпочитает игнорировать этот факт. В одном из ранних эпизодов сериала «Звездный путь: следующее поколение» герои случайно преодолевают миллиард световых лет за несколько секунд и оказываются в некой бездне, наполненной мерцающей голубой энергией, которую, существуя она в реальности, мы могли бы увидеть в телескоп.

странству показало, что единообразие, подразумеваемое космологическим принципом, наблюдается во всех направлениях.

Таким образом, если мы хотим узнать об эволюции самой Вселенной и условиях, в которых развивалась наша галактика Млечный Путь, все, что нам нужно сделать, это посмотреть на очень удаленный от нас объект.

Это также означает, что в космологии на самом деле нет четко определенного понятия «сейчас». Иными словами, переживаемый вами «настоящий момент» сильно зависит от того, где вы находитесь и что делаете<sup>11</sup>. Как можно говорить, что «взрыв сверхновой происходит сейчас», когда мы наблюдаем, как она взрывается, в настоящий момент, но свет от нее шел к нам миллионы лет? То, что мы видим, по сути, принадлежит прошлому, однако «настоящее» этой взорвавшейся звезды нами ненаблюдаемо, и мы не получим о нем никаких сведений на протяжении миллионов лет, что делает ее «настоящее» нашим будущим.

Когда мы воспринимаем Вселенную как существующую в пространстве-времени – всеобъемлющей универсальной сетке, в которой пространство имеет три измерения, а время является четвертым, мы можем думать о прошлом и будущем как об отдаленных точках единого полотна, тянущегося по всему космосу от его зарождения до самого конца. Для наблюдателя, находящегося в другой точке этого полотна, событие, принадлежащее нашему будущему, может быть далеким прошлым. И свет (или любая другая информация об этом событии), который мы не увидим на протяжении еще нескольких тысячелетий, прямо «сейчас» несется к нам сквозь пространство-время.

Так принадлежит ли это событие будущему, прошлому или, может быть, и тому, и другому? Все зависит от положения наблюдателя.

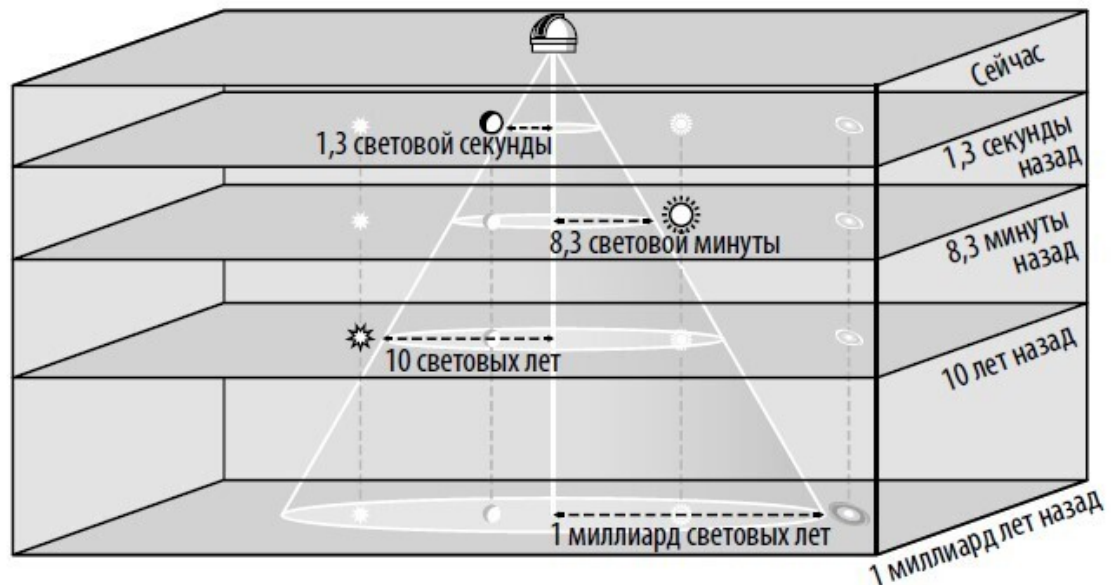
У человека, привыкшего мыслить в терминах трехмерного мира<sup>12</sup>, от этого голова может пойти кругом, однако для астрономов конечная скорость света представляет собой фантастически полезный инструмент. Благодаря этому мы можем изучать историю космоса не по косвенным подсказкам и следам, а непосредственно наблюдая за тем, как он изменяется с течением времени. Мы можем увидеть Вселенную в возрасте всего трех миллиардов лет, когда в ней формировались звезды и вспыхивали галактики, а также как их блеск потускнел за прошедшие эоны. Мы можем заглянуть еще дальше в прошлое и увидеть, как материя втягивалась в сверхмассивные черные дыры спустя менее 500 миллионов лет после зарождения Вселенной, когда звездный свет еще только начинал заполнять межгалактическую тьму.

Совсем скоро благодаря новым космическим телескопам мы сможем рассмотреть некоторые из самых ранних галактик, которые сформировались, когда возраст Вселенной составлял всего несколько сотен миллионов лет. Но можно ли заглянуть еще дальше в прошлое, когда никаких галактик не было? У нас есть такие планы. Разрабатываемые в настоящее время радиотелескопы, возможно, помогут нам увидеть материал, из которого сформировались первые галактики, благодаря особому взаимодействию света и водорода. Глядя на водород, вещество, из которого однажды сформируются звезды и галактики, мы можем наблюдать за возникновением самых первых структур во Вселенной.

---

<sup>11</sup> За это мы должны благодарить относительность. Согласно специальной теории относительности, время для нас замедляется, когда мы движемся быстро. Общая теория относительности говорит о том, что оно замедляется вблизи массивного объекта.

<sup>12</sup> Когда Док Браун из фильма «Назад в будущее» сказал: «Ты забываешь про четвертое измерение!», он имел в виду именно таких людей.



**Рис. 2.** Движение света в пространстве-времени.

На этой диаграмме ход времени направлен снизу вверх и показано только два пространственных измерения вместо трех. Позиции четырех стационарных объектов соединены вертикальными пунктирными линиями, обозначающими их положение в разное время. «Световой конус» — это область прошлого, которую мы можем наблюдать из обсерватории. Он охватывает все объекты, свет от которых уже успел до нас прийти. Мы можем увидеть галактику, удаленную от нас на миллиард световых лет, такой, какой она была миллиард лет назад, но мы не можем узнать, как она выглядит «сейчас», поскольку эта версия галактики находится за пределами

Но что если мы заглянем еще дальше в прошлое, в то время, когда не было ни звезд, ни галактик, ни водорода? Можем ли мы увидеть сам Большой взрыв?

Да, можем.

## Наблюдение Большого взрыва

Как правило, под Большим взрывом понимается некий пожар, внезапно разгоревшийся из одной точки и заполнивший Вселенную светом и веществом. Однако все было совсем не так. Это был не взрыв *во* Вселенной, а расширение *самой* Вселенной. И произошел он не в одной, но в *каждой* точке пространства. Все существующие сегодня точки Вселенной – место на краю далекой галактики, область межгалактического пространства, комната, в которой вы родились, – в начале времен находились в тесном соседстве, а в первый момент Большого взрыва начали стремительно удаляться друг от друга.

Логика теории Большого взрыва довольно проста. Вселенная расширяется, – мы видим, что расстояние между галактиками увеличивается с течением времени, а это означает, что в прошлом галактики находились ближе друг к другу. Мы можем провести мысленный эксперимент, перемотав наблюдаемое сейчас расширение на миллиарды лет назад до того момента, когда расстояние между галактиками было равно нулю. Наблюдаемая Вселенная, охватывающая все, что мы видим сегодня, в момент своего зарождения должна была занимать несопоставимо меньший объем и представлять собой гораздо более плотный и горячий сгусток вещества. Однако наблюдаемая Вселенная ограничена той частью космоса, которую мы видим сейчас. Мы знаем, что космос простирается намного дальше. На самом деле, исходя из того, что нам известно, вполне вероятно, что Вселенная бесконечна. А это значит, что она была бесконечна и в самом начале. Просто намного плотнее.

Такое сложно себе представить. Бесконечности в этом смысле вызывают большие трудности. Что такое бесконечное пространство? Что означает его расширение? Как может бесконечное пространство становиться еще более бесконечным?

Боюсь, я не смогу ответить на эти вопросы.

Конечному мозгу чрезвычайно сложно осмыслить идею бесконечного пространства. Я лишь могу сказать, что в математике и физике существуют способы обращаться с бесконечностью, которые не нарушают законов логики. Как космолог я исхожу из того, что Вселенная может быть описана математически, и если эта математика работает и оказывается полезной при решении новых задач, я ее использую<sup>13</sup>.

Точнее, если математика работает, а несколько иное предположение (например, о том, что Вселенная не бесконечна, но настолько велика, что мы никогда не сможем отыскать ее пределы) никак не влияет на наш опыт или измерения, мы можем придерживаться более простого предположения. Итак, Вселенная бесконечна. С этим можно работать.

В любом случае, говоря о теории Большого взрыва, мы на самом деле имеем в виду, что, судя по текущей скорости расширения и его истории, когда-то давно Вселенная была намного горячее и плотнее, чем сегодня<sup>14</sup>. Иногда весь промежуток времени, на протяжении которого Вселенная была горячей и плотной (примерно 380 000 лет), называют «Горячим Большим взрывом»<sup>15</sup>.

---

<sup>13</sup> Несмотря на кажущуюся легкомысленность этого заявления, в нем заключена довольно важная идея. До сих пор мы, физики, в основном занимались описанием Вселенной с помощью математических конструкций, которые называются *моделями*, а также проведением экспериментов и наблюдений с целью проверки и уточнения этих моделей вплоть до нахождения той, которая лучше всего соответствует результатам наблюдений. Затем мы пытаемся сломать эту модель. Дело не в том, что мы верим, будто математика является чем-то фундаментальным для Вселенной, а в том, что у нас просто нет другого осмысленного подхода к решению подобных задач.

<sup>14</sup> «Вся наша Вселенная находилась в горячем плотном состоянии, а затем почти 14 миллиардов лет назад она начала расширяться...» Да, участники группы *Barenaked Ladies* все правильно поняли: начало заглавной песни для сериала «Теория Большого взрыва» на самом деле очень хорошее изложение самой теории.

<sup>15</sup> Разумеется, это было еще задолго до появления понятия «год», поскольку отсутствовала планета, вращающаяся вокруг звезды и определяющая эту единицу измерения. Однако для удобства мы можем использовать собственные единицы для

Мы даже можем количественно определить, насколько «горячим и плотным» было это состояние, и проследить историю Вселенной в обратном направлении от того прохладного и приятного космоса, каким мы наслаждаемся сейчас, до адской скороварки, условия в которой были настолько экстремальными, что они не вписываются в наше понимание законов физики.

Тем не менее речь идет не о простом теоретизировании. Одно дело вычислять более высокие значения давления и температуры, экстраполируя процесс расширения в прошлое, и совсем другое – наблюдать этот ад воочию.

## Космическое микроволновое фоновое излучение

История о том, как мы перешли от размышлений о Большом взрыве к его наблюдению, представляет собой классический пример счастливого открытия в космологии. В 1965 году физик по имени Джим Пиблс из Принстонского университета произвел расчеты расширения космического пространства и сделал поразительный вывод о том, что излучение Большого взрыва должно пронизывать Вселенную и сегодня. Более того, оно должно быть обнаруживаемо. Он рассчитал ожидаемую частоту и интенсивность этого излучения и совместно с коллегами Робертом Дике и Дэвидом Уилкинсоном приступил к созданию прибора для его детектирования. Между тем, неподалеку от них в лаборатории Белла (Bell Labs) астрономы Арно Пензиас и Роберт Вильсон готовились провести астрономические наблюдения с помощью детектора микроволнового излучения, который ранее использовался в коммерческих целях. (Микроволны представляют собой вид электромагнитного излучения, имеющего более высокую частоту, чем радиоволны, но более низкую, чем инфракрасное излучение или видимый свет). Во время калибровки инструмента для своих исследований Пензиас и Вильсон, совершенно не думавшие о коммерции и увлеченные изучением неба, обнаружили странный шум. Очевидно, раньше он не мешал использовать телескоп для приема радиосигналов, отраженных от стратостатов, поэтому пользователи его игнорировали. Однако в этот раз речь шла о науке, так что проблему нужно было устранить. Тем не менее, в каком бы направлении ученые ни поворачивали детектор, шум, причинявший множество неудобств, никуда не исчезал.

Помехи представляют собой весьма распространенную проблему на этапе калибровки, и для их возникновения существуют разнообразные причины, например незакрепленный кабель, находящийся поблизости радиопередатчик и множество других вибраций механического происхождения. (Недавний прорыв в радиоастрономии был связан с выяснением того факта, что излучение, детектируемое радиотелескопом в обсерватории Паркса, на самом деле представляло собой помехи от микроволновой печи, работавшей в столовой). Пензиас и Вильсон исследовали детектор вдоль и поперек и даже учили вероятность того, что источником шума могла оказаться небольшая стая голубей, гнездящихся в антенне<sup>16</sup>. Однако, что бы они ни делали, им так и не удалось ни избавиться от этих помех, ни отыскать их источник. Поэтому им пришлось рассмотреть вероятность того, что сигнал идет из космоса, причем сразу со всех сторон. Но что это могло быть? Все, что исходит от планет или Солнца, должно детектироваться только в определенные моменты времени и в определенных направлениях, и даже излучение нашей галактики Млечный Путь не может быть совершенно однородным.

И тут в дело вступает команда из Принстона.

Расчеты Пиблса показали, что если на раннем этапе своего развития Вселенная была горячей повсюду, то в настоящее время мы должны везде обнаруживать следы этого излучения. Он рассуждал следующим образом. Поскольку, заглядывая дальше в космос, мы смотрим в более глубокое прошлое, а в далеком прошлом Вселенная представляла собой один большой огненный шар, то если заглянуть достаточно далеко, можно увидеть часть Вселенной, которая до сих пор охвачена огнем. Иными словами, если 13,8 миллиарда лет назад вся предположительно бесконечная Вселенная была пронизана радиацией, то должны существовать удаленные области, излучение от которых достигает нас только сейчас. В каком бы направлении мы ни смотрели, если мы заглянем достаточно далеко, то увидим эту далекую огненную Вселенную. При этом мы смотрим не на области пространства, которые отличаются от всех остальных, а скорее в то время, когда все пространство было в огне.

---

<sup>16</sup> К сожалению, это расследование не очень хорошо закончилось для голубей, которые, как позже выяснилось, были совершенно ни при чем.

## **Конец ознакомительного фрагмента.**

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на ЛитРес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.